

## BNSDOCID: &lt;WO 9948140A1 | &gt;

# **LEDIGLICH ZUR INFORMATION**

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AL	Albanien	ES	Spanien	LS	Lesotho	SI	Slowenien
AM	Armenien	FI	Finnland	LT	Litauen	SK	Slowakei
AT	Österreich	FR	Frankreich	LU	Luxemburg	SN	Senegal
AU	Australien	GA	Gabun	LV	Lettland	SZ	Swasiland
AZ	Aserbaidshan	GB	Vereinigtes Königreich	MC	Monaco	TD	Tschad
BA	Bosnien-Herzegowina	GE	Georgien	MD	Republik Moldau	TG	Togo
BB	Barbados	GH	Ghana	MG	Madagaskar	TJ	Tadschikistan
BE	Belgien	GN	Guinea	MK	Die ehemalige jugoslawische	TM	Turkmenistan
BF	Burkina Faso	GR	Griechenland		Republik Mazedonien	TR	Türkei
BG	Bulgarien	HU	Ungarn	ML	Mali	TT	Trinidad und Tobago
BJ	Benin	IE	Irland	MN	Mongolei	UA	Ukraine
BR	Brasilien	IL	Israel	MR	Mauretanien	UG	Uganda
BY	Belarus	IS	Island	MW	Malawi	US	Vereinigte Staaten von
CA	Kanada	IT	Italien	MX	Mexiko		Amerika
CF	Zentralafrikanische Republik	JP	Japan	NE	Niger	UZ	Usbekistan
CG	Kongo	KE	Kenia	NL	Niederlande	VN	Vietnam
CH	Schweiz	KG	Kirgisistan	NO	Norwegen	YU	Jugoslawien
CI	Côte d'Ivoire	KP	Demokratische Volksrepublik	NZ	Neuseeland	ZW	Zimbabwe
CM	Kamerun		Korea	PL	Polen		
CN	China	KR	Republik Korea	PT	Portugal		
CU	Kuba	KZ	Kasachstan	RO	Rumänien		
CZ	Tschechische Republik	LC	St. Lucia	RU	Russische Föderation		
DE	Deutschland	LI	Liechtenstein	SD	Sudan		
DK	Dänemark	LK	Sri Lanka	SE	Schweden		
EE	Estland	LR	Liberia	SG	Singapur		

Hybrid-Antriebskonzept für Brennstoffzellen-Fahrzeuge

Die Erfindung betrifft einen Hybridantrieb für ein Elektro-Fahrzeug mit einer Brennstoffzelle und einem Energiespeicher gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

Aus der US 5,334,463 A1 ist ein Hybridantrieb, bestehend aus einer Brennstoffzelle, einer Batterie, einem Elektro-Fahrmotor und elektrischen Nebenverbrauchern bekannt, wobei die Brennstoffzelle und die Batterie über einen gemeinsamen Stromkreis seriell mit dem Elektro-Fahrmotor und den elektrischen Nebenverbrauchern verbunden sind. Bei einer ausreichenden Spannungslage kann die Batterie durch die Brennstoffzelle aufgeladen werden.

Eine solche Anordnung mit nur einem Stromkreis weist den Nachteil auf, daß die größere der beiden Spannungsquellen, also Brennstoffzelle oder Batterie, die maximale Fahrleistung bestimmt, da zwei Stromquellen mit unterschiedlichen Spannungen nicht auf einen Verbraucher geschaltet werden können. Das heißt bei Vollast wird der Elektro-Fahrmotor von der Brennstoffzelle oder der Batterie versorgt, in Abhängigkeit davon, welche der beiden Spannungsquellen mehr Leistung bringt.

Es ist die Aufgabe der Erfindung, einen Hybridantrieb für Elektro-Fahrzeuge mit verbesserten Fahrleistungen zu schaffen.

Die Aufgabe wird durch die kennzeichnenden Merkmale des Patentanspruchs 1 gelöst.

Der erfindungsgemäße Hybridantrieb weist den Vorteil auf, daß er eine variable Ansteuerung erlaubt, wodurch insbesondere die maximale Fahrleistung verbessert wird. Beim ersten Ausführungsbeispiel können die Nebenverbraucher bei Vollast durch den Energiespeicher versorgt werden. Dadurch steht die maximale Brennstoffzellenleistung für den Fahrzeugantrieb zur Verfügung. Bei allen anderen Ausführungsbeispielen kann der Elektro-Fahrmotor bei Vollast durch die Brennstoffzelle und den Energiespeicher angetrieben werden, so daß sich die maximale Fahrleistung als Summe von Brennstoffzellen- und Energiespeicherleistung ergibt.

Weiterhin können im Bremsbetrieb die elektrischen Nebenverbraucher durch die Brennstoffzelle versorgt werden, so daß ein Laden des Energiespeichers auch bei geringen Bremsleistungen, also auch unterhalb des Leistungsbedarfs der elektrischen Nebenverbraucher, möglich ist.

Durch die Verwendung eines DC/DC-Wandlers in der Verbindungsleitung zwischen den beiden Stromkreisen ist auch bei Fahrzeugstillstand ein Laden des Energiespeichers unabhängig von der Spannungslage beziehungsweise dem Lastzustand der Brennstoffzelle möglich. Außerdem ist auch während der Fahrt das Laden und Entladen des Energiespeichers unabhängig von der Spannungslage beziehungsweise dem Lastzustand der Brennstoffzelle möglich. Dennoch entstehen unerwünschte Verluste durch den DC/DC-Wandler lediglich beim Laden des Energiespeichers beziehungsweise beim Betrieb des Elektro-Fahrmotors durch den Energiespeicher. Da die Brennstoffzelle ohne Zwischenschaltung eines DC/DC-Wandlers mit dem Elektro-Fahrmotor verbunden ist, entstehen beim Betrieb des Elektro-Fahrmotors durch die Brennstoffzelle keine solchen Verluste.

Weitere Vorteile und Ausgestaltungen der Erfindung gehen aus den Unteransprüchen und der Beschreibung hervor. Die Erfindung ist nachstehend anhand einer Zeichnung näher beschrieben, wobei

Fig. 1 eine Prinzipdarstellung eines Hybridantriebs mit zwei Stromkreisen,

Fig. 2 den Hybridantrieb aus Fig. 1 mit einem DC/DC-Wandler zwischen Brennstoffzelle und Energiespeicher,

Fig. 3 den Hybridantrieb aus Fig. 1 mit einem zweiten Elektrofahrmotor, und

Fig. 4 eine Prinzipdarstellung eines weiteren Hybridantriebs mit einem DC/DC-Wandler zeigt.

Der in Fig. 1 dargestellte Hybridantrieb enthält eine Brennstoffzelle 1, einen Energiespeicher 2, einen Elektro-Fahrmotor 3 und insgesamt mit 4 bezeichnete elektrische Nebenverbraucher. Bei der Brennstoffzelle 1 handelt es sich um eine beliebige Vorrichtung zur Erzeugung von elektrischer Energie durch chemische Umwandlung eines beliebigen Kraftstoffes. Solche Brennstoffzellen für Fahrzeuganwendungen, beispielsweise Brennstoffzellen mit Proton-Exchange-Membran, sind dem Fachmann bekannt und werden daher im folgenden nicht näher erläutert.

Bei dem Energiespeicher 2 handelt es sich vorzugsweise um eine Batterie zur Speicherung elektrischer Energie. Es können jedoch auch andere Energiespeicher, beispielsweise Kondensatoren oder Schwungradspeicher, zum Einsatz kommen. Als Elektro-Fahrmotor 3 können beliebige Elektromotoren, beispielsweise Asynchron- oder Reluktanzmotoren, eingesetzt werden. Der Elektro-Fahrmotor 3 sollte vorzugsweise auch als Generator betrieben werden können. Der Begriff elektrische Nebenverbraucher 4 umfaßt alle elektrischen Verbraucher einschließlich Bordnetz, die nicht direkt zum Fahrzeugantrieb dienen.

Zur Versorgung der elektrischen Verbraucher 3, 4 sind zwei separate Stromkreise 5a, 5b vorgesehen. Der erste Stromkreis 5a enthält eine mit einer Schaltvorrichtung S6 versehene

Leitung 7 zwischen der Brennstoffzelle 1 und dem Elektro-Fahrmotor 3, sowie eine Leitung 8, die zwischen der Brennstoffzelle 1 und der Schaltvorrichtung S6 von der Leitung 7 abzweigt. Der zweite Stromkreis 5b enthält eine weitere, mit einer Schaltvorrichtung S9 versehene und mit dem Energiespeicher 2 verbundene Leitung 10. Die Leitungen 8, 10 können wahlweise über eine Umschaltvorrichtung S11 mit den elektrischen Nebenverbrauchern 4 verbunden werden. Zusätzlich ist im zweiten Stromkreis 5b eine mit einer weiteren Schaltvorrichtung S12 versehene Leitung 13 vorgesehen, die zwischen der Schaltvorrichtung S9 und der Umschaltvorrichtung S11 von der Leitung 10 abzweigt und den zweiten Stromkreis 5b mit dem ersten Stromkreis 5a zwischen der Schaltvorrichtung S6 und dem Elektro-Fahrmotor 3 verbindet.

Zur Steuerung der Schaltvorrichtungen S6, S9, S11, S12 ist außerdem ein Steuergerät 14 vorgesehen, das als Eingangsdaten eine Vielzahl von Informationen über den Betriebszustand des Fahrzeugs erhält. Hierbei handelt es sich beispielsweise um Informationen über die Spannungslage oder den Lastzustand der Brennstoffzelle 1, die Drehzahl des Elektro-Fahrmotors 3, den Energiebedarf der elektrischen Nebenverbraucher 4, die Spannungslage oder den Ladezustand des Energiespeichers 2, ein Signal zur Erkennung eines Bremsvorgangs oder die Brennstoffzellen- beziehungsweise Energiespeichertemperatur. Aus diesen und gegebenenfalls weiteren Informationen ermittelt das Steuergerät 14 den Betriebszustand des Fahrzeugs. Eine Auswahl möglicher Betriebszustände (BZ = Brennstoffzelle 1, NV = Nebenverbraucher 4, Speicher = Energiespeicher 2) mit zugehörigen Schalterstellungen für den Hybridantrieb gemäß Fig. 1 ist in Tabelle 1 dargestellt.

Im Fahrbetrieb können drei Zustände unterschieden werden, wobei bei kleiner und mittlerer Last sowohl der Elektro-Fahrmotor 3 als auch die elektrischen Nebenverbraucher 4 über den ersten Stromkreis 5a mit der Brennstoffzelle 1 verbunden sind. In diesem Fall (siehe Zustand ①) ist die Schaltvorrichtung S6 geschlossen, über die Umschaltvorrichtung

S11 und die Leitung 8 sind die elektrischen Nebenverbraucher 4 mit der Brennstoffzelle 1 verbunden. Die Schaltvorrichtung S12 ist geöffnet, so daß Elektro-Fahrmotor 3, Brennstoffzelle 1 und elektrische Nebenverbraucher 4 vom Energiespeicher 2 getrennt sind. Die Stellung der Schaltvorrichtung S9 ist beliebig. Die Schaltvorrichtung S9 kann zusätzlich als Trennschalter verwendet werden, um den Energiespeicher 2 in kritischen Betriebszuständen vom Stromnetz zu trennen.

Zustand/Schalterstellung	S6	S9	S11	S12
① Fahren mit BZ, NV an BZ	1	0/1	0	0
② Fahren mit BZ, NV an Speicher	1	1	1	0
③ Fahren mit Speicher, NV an Speicher	0	1	1	1
④ Bremsen, NV an BZ	0	0/1	0	0
⑤ Bremsen, NV an BZ, Speicher laden	0	1	0	1
⑥ Bremsen, NV an Speicher, Speicher laden	0	1	1	1
⑦ Bremsen, NV an Generator	0	0	1	1
⑧ Stillstand, NV an BZ	0	0/1	0	0
⑨ Stillstand, NV an Speicher	0	1	1	0

Tabelle 1: Mögliche Zustände des Hybridantriebs gemäß Fig. 1

Bei Vollast (siehe Zustand ②) ist die Schaltvorrichtung S6 ebenfalls geschlossen, so daß die Brennstoffzelle 1 über die Leitung 7 mit dem Elektrofahrmotor 3 verbunden ist. Im Gegensatz zum ersten Fall sind die elektrischen Nebenverbraucher 4 aber nicht über die Leitung 8 mit der Brennstoffzelle 1, sondern über die Umschaltvorrichtung S11, die Leitung 10 und die geschlossene Schaltvorrichtung S9 mit dem Energiespeicher 2 verbunden. Die Schaltvorrichtung S12 ist geöffnet, so daß die Stromkreise 5a, 5b voneinander getrennt sind. Dieser Zustand weist den Vorteil auf, daß die Brennstoffzelle 1 nicht durch die elektrischen Nebenverbraucher 4 belastet ist. Vielmehr steht die gesamte Brennstoffzellenleistung für den Elektro-Fahrmotor 3 zur Verfügung. Die Versorgung der elektrischen Nebenverbraucher 4 übernimmt der Energiespeicher 2. Somit wird bei dieser Anordnung die maximale Fahrleistung bei gegebener

Brennstoffzellenleistung um die nicht benötigte Leistung der elektrischen Nebenverbraucher 4 erhöht.

Ein weiterer möglicher Fahrzustand, beispielsweise beim Fahrzeugstart oder bei sehr kleiner Last, beschreibt Zustand ③. In diesem Fall werden sowohl der Elektro-Fahrmotor 3 als auch die elektrischen Nebenverbraucher 4 vom Energiespeicher 2 mit Spannung versorgt. Im Gegensatz zum Zustand ② ist hier lediglich die Schaltvorrichtung S6 geöffnet und die Schaltvorrichtung S12 geschlossen. Dieser Zustand ist vorteilhaft, solange die Brennstoffzelle 1 noch nicht betriebsbereit oder auch zur Wirkungsgradverbesserung ausgeschaltet ist.

Im Bremsbetrieb können vier Betriebszustände unterschieden werden. Um im Bremsbetrieb Energie zurückgewinnen zu können, muß der Elektro-Fahrmotor 3 auch als Generator betrieben werden können. Im folgenden wird jedoch auch eine Elektro-Fahrmotor/Generatoreinheit immer nur als Elektro-Fahrmotor 3 bezeichnet. Im Zustand ④ sind die elektrischen Nebenverbraucher 4 über die Umschaltvorrichtung S11 mit der Brennstoffzelle 1 verbunden. Die Schaltvorrichtungen S6 und S12 sind geöffnet, die Stellung der Schaltvorrichtung S9 ist beliebig. In diesem Zustand ④ wird die Bremsenergie nicht verwertet. Um bereits bei geringen Bremsleistungen, das heißt unterhalb des Leistungsbedarfs der elektrischen Nebenverbraucher 4, den Energiespeicher 2 zu laden, kann in den Zustand ⑤ übergegangen werden. Hierzu werden die Schaltvorrichtungen S9 und S12 geschlossen, so daß die elektrischen Nebenverbraucher 4 zwar weiterhin mit der Brennstoffzelle 1, der Elektro-Fahrmotor 3 aber zusätzlich über den zweiten Stromkreis 5b mit dem Energiespeicher 2 verbunden ist.

Im Zustand ⑥, vorzugsweise bei einem starken Bremsvorgang, kann der Energiespeicher 2 bei geschlossenen Schaltvorrichtungen S9 und S12 über den zweiten Stromkreis 5b durch den Elektro-Fahrmotor 3 aufgeladen werden. Gleichzeitig sind die elektrischen Nebenverbraucher 4 über die



Umschaltvorrichtung S11 mit dem Elektro-Fahrmotor 3 beziehungsweise dem Energiespeicher 2 verbunden. Die Schaltvorrichtung S6 ist geöffnet, so daß die Brennstoffzelle 1 vollständig vom zweiten Stromkreis 5b abgekoppelt ist. Im Zustand ⑦ sind schließlich die Schaltvorrichtungen S6 und S9 geöffnet, so daß sowohl die Brennstoffzelle 1 als auch der Energiespeicher 2 vom Stromnetz abgekoppelt sind. Die elektrischen Nebenverbraucher 4 werden über die Umschaltvorrichtung S11 und die Schaltvorrichtung S12 direkt mit dem Elektro-Fahrmotor 3 verbunden.

Im Stillstand können die elektrischen Nebenverbraucher 4 schließlich mit der Brennstoffzelle 1 (Zustand ⑧) oder mit dem Energiespeicher 2 (Zustand ⑨) verbunden werden. Im Zustand ⑧ ist die Brennstoffzelle 1 über die Umschaltvorrichtung S11 und die Leitung 8 mit den elektrischen Nebenverbrauchern 4 verbunden. Die Schaltvorrichtungen S6 und S12 sind geöffnet, die Stellung der Schaltvorrichtung S9 ist beliebig. Soll die Brennstoffzelle 1 im Stillstand des Fahrzeugs abgeschaltet werden, so werden die elektrischen Nebenverbraucher 4 über die Umschaltvorrichtung S11, die Leitung 10 und der Schaltvorrichtung S9 mit dem Energiespeicher 2 verbunden (Zustand ⑨). Da die Brennstoffzelle 1 und der Elektro-Fahrmotor 3 außer Betrieb sind, sind die Schaltvorrichtungen S6 und S12 vorzugsweise geöffnet.

Wie der vorstehenden Beschreibung zu entnehmen ist können durch die Anordnung mit zwei separaten Stromkreisen 5a, 5b variable Schaltzustände verwirklicht werden, wobei bei geeigneter Schalterstellung gleichzeitig zwei unabhängige Stromkreise 5a, 5b mit unterschiedlichen Spannungsniveaus betrieben werden können. Hierbei kann die Brennstoffzelle 1 jeweils mit Elektro-Fahrmotor 3 und/oder den elektrischen Nebenverbrauchern 4 verbunden werden. Dasselbe gilt für den Energiespeicher 2. Zusätzlich können auch noch die Brennstoffzelle 1 und der Energiespeicher 2, beispielsweise für einen Ladevorgang, miteinander verbunden werden.

Eine Abwandlung des Hybridantriebs aus Fig. 1 zeigt Fig. 2, wobei gleiche Teile mit gleichen Bezugszeichen gekennzeichnet sind. Gegenüber Fig. 1 ist in der Leitung 13 zusätzlich ein DC/DC-Wandler 15 vorgesehen. Die Verwendung eines solchen DC/DC-Wandlers 15 weist den Vorteil auf, daß ein Laden beziehungsweise Entladen des Energiespeichers 2 (Zustand ②a oder ③a, siehe unten) unabhängig von der Spannungslage und des Lastzustandes der Brennstoffzelle 1 möglich ist, da die Spannungslagen der beiden Stromkreise 5a, 5b durch den DC/DC-Wandler 15 aufeinander abgestimmt werden können. So ist es auch möglich, im Stillstand den Energiespeicher 2 über die Brennstoffzelle 1 aufzuladen (Zustand ⑧a, siehe unten).

Zustand/Schalterstellung	S6	S9	S11	S12
① Fahren mit BZ, NV an BZ	1	0/1	0	0
② Fahren mit BZ, NV an Speicher	1	1	1	0
②a Fahren mit BZ, Speicher laden	1	1	0/1	1
③ Fahren mit Speicher, NV an Speicher	0	1	1	1
③a Fahren mit BZ und Speicher	1	1	0/1	1
④ Bremsen, NV an BZ	0	0/1	0	0
⑤ Bremsen, NV an BZ, Speicher laden	0	1	0	1
⑥ Bremsen, NV an Speicher, Speicher laden	0	1	1	1
⑦ Bremsen, NV an Generator	0	0	1	1
⑧ Stillstand, NV an BZ	0	0/1	0	0
⑧a Stillstand, NV an BZ, Speicher laden	1	1	0	1
⑨ Stillstand, NV an Speicher	0	1	1	0

Tabelle 2: Mögliche Zustände des Hybridantriebs gemäß Fig. 2

Die Verwendung eines DC/DC-Wandlers 15 bedeutet natürlich einen Wirkungsgradverlust. Da der DC/DC-Wandlers 15 aber zwischen Brennstoffzelle 1 und Energiespeicher 2, nicht aber zwischen Brennstoffzelle 1 und Elektro-Fahrmotor 3 angeordnet ist, treten diese Wandlerverluste nur beim Laden des Energiespeichers 2 auf, nicht aber beim Fahren mit der Brennstoffzelle 1. Der große Vorteil dieser Anordnung liegt aber darin, daß bei jedem Lastzustand die Einzellast von Brennstoffzelle 1 und vom Energiespeicher 2 unabhängig

voneinander innerhalb der physikalischen Grenzen regeln läßt. Außerdem berechnet sich bei Vollast die maximale Fahrleistung aus der Summe der Leistungen von Brennstoffzelle 1 und Energiespeicher 2. In diesem Zustand ③a sind die Schaltvorrichtungen S6, S9 und S12 geschlossen, so daß sowohl die Brennstoffzelle 1 als auch der Energiespeicher 2 mit dem Elektro-Fahrmotor 3 verbunden sind. Die Stellung der Umschaltvorrichtung S11 ist beliebig. Mit Hilfe des DC/DC-Wandlers 15 kann die Spannungslage des zweiten Stromkreises 5b an die Spannungslage des ersten Stromkreises 5a angepaßt werden, so daß die unterschiedlichen Spannungsniveaus von Brennstoffzelle 1 und Energiespeicher 2 kein Problem darstellen.

Im Zustand ②a sind ebenfalls die Schaltvorrichtungen S6, S9 und S12 geschlossen, so daß sowohl der Elektro-Fahrmotor 3 als auch der Energiespeicher 2 mit der Brennstoffzelle 1 verbunden sind. Die Stellung der Umschaltvorrichtung S11 ist wiederum beliebig. Allerdings wird der DC/DC-Wandler 15 nun so betrieben, daß nicht Strom vom Energiespeicher 2 zum Elektro-Fahrmotor 3, sondern von der Brennstoffzelle 1 zum Energiespeicher 2 fließt. Diese Schalterstellungen entsprechen außerdem genau dem Zustand ③a während des Stillstandes des Fahrzeugs. Die Schaltvorrichtung S12 ist bei dieser Anordnung nicht zwingend erforderlich und kann gegebenenfalls auch entfallen.

Ein weiteres Ausführungsbeispiel eines Hybridantriebs zeigt Fig. 3, wobei wiederum gleiche Teile mit gleichen Bezugszeichen gekennzeichnet sind.

In diesem Ausführungsbeispiel besteht der Fahrzeugantrieb aus zwei Elektro-Fahrmotoren 3, 3'. Diese sind in der Zeichnung auf einer gemeinsamen Antriebswelle 17 angeordnet und können gegebenenfalls auch in einem gemeinsamen Gehäuse integriert werden. Es ist jedoch auch möglich, zwei oder mehr Elektro-Fahrmotoren 3, 3' mit jeweils separaten Antriebswellen 17 vorzusehen. Unabhängig davon können gleiche oder unterschied-

liche Elektromaschinen, beispielsweise Reluktanz- oder Asynchronmotoren, kombiniert werden. Die Steuerung der Elektro-Fahrmotoren 3, 3' erfolgt lastabhängig. Bei niedrigen Momenten, vorzugsweise bis 50% des Maximalmomentes erfolgt der Antrieb nur über einen der Elektro-Fahrmotoren 3, 3'. Der jeweils andere Elektro-Fahrmotor 3, 3' läuft ohne Last permanent mit. Bei höheren Momenten werden beide Elektro-Fahrmotoren 3, 3' eingesetzt, wobei die Momentverteilung auf die beiden Elektro-Fahrmotoren 3, 3' beispielsweise über das Steuergerät 14 erfolgen kann.

Zustand/Schalterstellung	S6	S9	S11	S12
① Fahren mit BZ, NV an BZ	1	0/1	0	0
② Fahren mit BZ, NV an Speicher	1	1	1	0
②a Fahren mit BZ, Speicher laden	1	1	0/1	1
③ Fahren mit Speicher, NV an Speicher	0	1	1	1
③a Fahren mit BZ und Speicher	1	1	0/1	1
④ Bremsen, NV an BZ	0	0/1	0	0
⑤ Bremsen, NV an BZ, Speicher laden	0	1	0	1
⑥ Bremsen, NV an Speicher, Speicher laden	0	1	1	1
⑦ Bremsen, NV an Generator	0	0	1	1
⑧ Stillstand, NV an BZ	0	0/1	0	0
⑨ Stillstand, NV an Speicher	0	1	1	0

Tabelle 3: Mögliche Zustände des Hybridantriebs gemäß Fig. 3

Im Unterschied zu den Fig. 1 und 2 ist die Schaltvorrichtung S12 nicht als Ein/Ausschalter, sondern als Umschaltvorrichtung ausgeführt. Außerdem ist eine weitere Leitung 16 zwischen der Umschaltvorrichtung S12 und dem zweiten Elektro-Fahrmotor 3' vorgesehen. Mit Hilfe der Umschaltvorrichtung S12 kann der zweite Elektro-Fahrmotor 3' wahlweise mit dem Energiespeicher 2 oder der Brennstoffzelle 1 verbunden werden. Somit kann bei Vollast der erste Elektro-Fahrmotor 3 mit der Brennstoffzelle 1, der zweite Elektro-Fahrmotor 3' jedoch mit dem Energiespeicher 2 verbunden werden. Somit steht als maximale Fahrleistung wiederum die Summe der Leistungen von Brennstoffzelle 1 und Energiespeicher 2 zur Verfügung. Im

Gegensatz zu Fig. 2 müssen hier aber beim Laden des Energiespeichers 2 nicht die Wandlerverluste in Kauf genommen werden. Während der Fahrt wird hierzu (Zustand ②a) der erste Elektro-Fahrmotor 3 mit Hilfe der Brennstoffzelle 1 angetrieben, während der zweite Elektro-Fahrmotor 3' im Generatorbetrieb den Energiespeicher 2 lädt. Allerdings ist mit dieser Anordnung ohne Kupplung im Antriebsstrang ein Laden des Energiespeichers 2 im Stillstand (Zustand ⑧a in Tabelle 2) nicht möglich.

Ein weiteres Ausführungsbeispiel für einen Hybridantrieb mit einem DC/DC-Wandler zeigt Fig. 4, wobei wiederum gleiche Teile mit gleichen Bezugszeichen gekennzeichnet sind. Die Brennstoffzelle 1 ist wiederum über eine Leitung 7, in der eine Schaltvorrichtung S6 vorgesehen ist, mit dem Elektro-Fahrmotor 3 verbunden. Außerdem ist der Energiespeicher 2 über eine Leitung 10, in der eine Schaltvorrichtung S9 vorgesehen ist, mit den elektrischen Nebenverbrauchern 4 verbunden. Weiterhin zweigen zwischen der Schaltvorrichtung S9 und den elektrischen Nebenverbrauchern 4 zwei Leitungen 8, 13 von der Leitung 10 ab, die über eine Umschaltvorrichtung S11 wahlweise mit der Leitung 7 zwischen der Schaltvorrichtung S6 und dem Elektro-Fahrmotor 3 verbindbar sind. In der Leitung 13 ist außerdem ein DC/DC-Wandler 15 vorgesehen.

Zustand/Schalterstellung	S6	S9	S11
① Fahren mit BZ, NV an BZ	1	0	0
② Fahren mit BZ, NV an Speicher	1	1	1
②a Fahren mit BZ, Speicher laden	1	1	1
③ Fahren mit Speicher, NV an Speicher	0	1	1
③a Fahren mit BZ und Speicher	1	1	1
④ Bremsen, NV an BZ	1	0	0
⑤ Bremsen, NV an BZ, Speicher laden	1	1	1
⑥ Bremsen, NV an Speicher, Speicher laden	0	1	0
⑦ Bremsen, NV an Generator	0	0	0
⑧ Stillstand, NV an BZ	1	0	0
⑧a Stillstand, NV an BZ, Speicher laden	1	1	1

① Stillstand, NV an Speicher	0	1	0
------------------------------	---	---	---

Tabelle 4: Mögliche Zustände des Hybridantriebs gemäß Fig. 4

Im Fahrbetrieb sind wiederum mehrere Schaltzustände vorgesehen. Im Zustand ① ist die Schaltvorrichtung S9 geöffnet, so daß der Energiespeicher von den Stromkreisen 5a, 5b abgekoppelt ist. Die Schaltvorrichtung S6 ist geschlossen, so daß der Elektro-Fahrmotor 3 mit Hilfe der Brennstoffzelle 1 angetrieben wird. Auch die elektrischen Nebenverbraucher 4 werden von der Brennstoffzelle 1 versorgt, wobei die Umschaltvorrichtung S11 vorzugsweise in Stellung 0 ist, das heißt ohne Zwischenschaltung des DC/DC-Wandlers 15. Dadurch können unnötige Wandlerverluste vermieden werden.

Im Zustand ③ ist die Schaltvorrichtung S6 geöffnet, so daß die Brennstoffzelle 1 von den Stromkreisen 5a, 5b abgekoppelt ist. Die Schaltvorrichtung S9 ist geschlossen, so daß der Elektro-Fahrmotor 3 mit Hilfe des Energiespeichers 2 angetrieben wird. Auch die elektrischen Nebenverbraucher 4 werden vom Energiespeicher 2 versorgt. Die Umschaltvorrichtung S11 ist vorzugsweise in Stellung 1, so daß mit Hilfe des DC/DC-Wandlers 15 die für den Elektro-Fahrmotor 3 benötigte Spannung unabhängig von der Spannungslage des Energiespeichers 2 eingestellt werden kann. In den anderen Fahrzuständen ②, ②a, ③a sind die Schaltvorrichtungen S6 und S9 jeweils geschlossen, so daß sowohl die Brennstoffzelle 1 als auch der Energiespeicher 2 mit den Stromkreisen 5a, 5b verbunden sind. Die Umschaltvorrichtung S11 ist in Stellung 1, so daß die beiden Stromkreise 5a, 5b über die Leitung 13 und den darin angeordneten DC/DC-Wandler 15 verbunden sind. Von der Ansteuerung des DC/DC-Wandlers 15, die wie in den anderen Ausführungsbeispielen auch vorzugsweise durch das Steuergerät 14 erfolgt, hängt es ab, ob der Energiespeicher 2 während der Fahrt von der Brennstoffzelle 1 aufgeladen wird (Zustand ②a), ob der Elektro-Fahrmotor 3 beziehungsweise die elektrischen Nebenverbraucher 4 von der Brennstoffzelle 1 beziehungsweise vom Energiespeicher 2 versorgt werden (Zustand ②), oder ob bei

Vollast der Elektro-Fahrmotor 3 sowohl von der Brennstoffzelle 1 als auch vom Energiespeicher 2 versorgt wird (Zustand ③a) und somit die maximale Fahrleistung wiederum von der Summe der Energieinhalte von Brennstoffzelle 1 und Energiespeicher 2 bestimmt ist. Außerdem ist durch den DC/DC-Wandler 15 wiederum das Laden/Entladen des Energiespeichers 2 während der Fahrt unabhängig von der Spannungslage beziehungsweise vom Lastzustand der Brennstoffzelle 1 möglich.

Beim Bremsen können die elektrischen Nebenverbraucher 4 von der Brennstoffzelle 1 (Zustand ④) versorgt werden, wobei dann die Schaltvorrichtung S6 geschlossen und die Schaltvorrichtung S9 geöffnet ist. Die Umschaltvorrichtung S11 ist in Stellung 0, so daß der DC/DC-Wandler 15 abgekoppelt ist. Soll zusätzlich der Energiespeicher aufgeladen werden (Zustand ⑤), so wird die Umschaltvorrichtung S11 in Stellung 1 gebracht und die Schaltvorrichtung S9 geschlossen. Durch den jetzt zwischengeschalteten DC/DC-Wandler 15 kann die Spannungslage auf das für einen Ladevorgang notwendige Niveau eingestellt werden.

Durch Öffnen der Schaltvorrichtung S6 kann die Brennstoffzelle 1 abgekoppelt werden. Gleichzeitig wird dann die Schaltvorrichtung S9 geschlossen und die Umschaltvorrichtung S11 in Stellung 0 gebracht, so daß auch der DC/DC-Wandler 15 abgekoppelt ist. In diesem Zustand ⑥ werden die elektrischen Nebenverbraucher 4 vom Energiespeicher 2 versorgt. Gleichzeitig kann der Energiespeicher 2 ohne Wandlerverluste aufgeladen werden. Im Zustand ⑦ sind schließlich die Schaltvorrichtungen S6 und S9 geöffnet, so daß sowohl die Brennstoffzelle 1 als auch der Energiespeicher 2 von den Stromkreisen 5a, 5b abgekoppelt sind. Die Umschaltvorrichtung S11 ist in Stellung 0, so daß die elektrischen Nebenverbraucher 4 ohne Zwischenschaltung des DC/DC-Wandlers 15 direkt vom Elektro-Fahrmotor 3 mit Strom versorgt werden.

Im Stillstand können die elektrischen Nebenverbraucher 4 schließlich entweder von der Brennstoffzelle 1 (Zustand ⑧)

oder vom Energiespeicher 2 (Zustand ⑨) versorgt werden, wobei entweder die Schaltvorrichtung S6 (Zustand ⑧) oder die Schaltvorrichtung S9 (Zustand ⑨) geschlossen ist. Die Umschaltvorrichtung S11 ist wiederum in Stellung 0, so daß der DC/DC-Wandler 15 abgekoppelt ist. Soll bei Stillstand zusätzlich der Energiespeicher 2 aufgeladen werden (Zustand ⑧a), so werden die Schaltvorrichtung S6, S9 geschlossen und zusätzlich die Umschaltvorrichtung S11 in Stellung 1 gebracht. Somit ist der Energiespeicher 2 wiederum über den DC/DC-Wandler 15 mit der Brennstoffzelle 1 verbunden, so daß durch Ansteuerung des DC/DC-Wandlers 15 die Spannungslage auf ein für den Ladevorgang notwendiges Niveau eingestellt werden kann.

Die anhand der Ausführungsbeispiele und Tabellen beschriebenen Schaltzustände stellen keine abschließende Aufzählung dar. Es sind auch andere Schaltzustände möglich.



Patentansprüche

1. Hybridantrieb für ein Elektro-Fahrzeug mit einer Brennstoffzelle, einem Energiespeicher, einem Elektro-Fahrmotor, elektrischen Nebenverbrauchern und einem Stromkreis zur Versorgung des Elektro-Fahrmotors und der elektrischen Nebenverbraucher mit elektrischer Energie,  
d a d u r c h     g e k e n n z e i c h n e t ,
- daß zwei unabhängige Stromkreise (5a, 5b) vorgesehen sind,
  - daß der erste Stromkreis (5a) die Brennstoffzelle (1), den Elektro-Fahrmotor (3) und die elektrischen Nebenverbraucher (4) umfaßt, wobei der Elektrofahrmotor (3) und/oder die elektrischen Nebenverbraucher (4) jeweils über eine Schaltvorrichtung (S6, S11) mit der Brennstoffzelle (1) verbindbar sind,
  - daß der zweite Stromkreis (5b) den Energiespeicher (2), den Elektro-Fahrmotor (3) und die elektrischen Nebenverbraucher (4) umfaßt, wobei der Elektrofahrmotor (3) und/oder die elektrischen Nebenverbraucher (4) jeweils über eine Schaltvorrichtung (S12, S11) mit dem Energiespeicher (2) verbindbar sind,
  - daß eine schaltbare Verbindungsleitung (13) zwischen der Brennstoffzelle (1) und dem Energiespeicher (2) vorgesehen ist,
  - und daß eine Vorrichtung (14) zur Steuerung der Schaltvorrichtungen (S6, S11, S12) in Abhängigkeit von Betriebsparametern vorgesehen ist.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß der erste Stromkreis (5a) zwei Leitungen (7, 8) zwischen Brennstoffzelle (1) und Elektro-Fahrmotor (3) beziehungsweise elektrischer Nebenverbraucher (4) enthält, daß in der Leitung (7) eine Schaltvorrichtung (S6) vorgesehen ist und daß die Leitung (8) zwischen der Brennstoffzelle (1) und der Schaltvorrichtung (S6) von der Leitung (7) abzweigt, daß der zweite Stromkreis (5b) zwei weitere Leitungen (10, 13) zwischen Energiespeicher (2) und elektrischen Nebenverbrauchern (4) beziehungsweise Elektro-Fahrmotor (3) enthält, daß in der Leitung (10) eine Schaltvorrichtung (S9) vorgesehen ist und daß die vierte Leitung (13), in der eine Schaltvorrichtung (S12) vorgesehen ist, den zweiten Stromkreis (5b) zwischen der Schaltvorrichtung (S9) und den elektrischen Nebenverbrauchern (4) mit dem ersten Stromkreis (5a) zwischen der Schalteinrichtung (S6) und dem Elektro-Fahrmotor (3) verbindet, und daß die elektrischen Nebenverbraucher (4) über eine Umschaltvorrichtung (S11) wahlweise mit der Leitung (8) oder der Leitung (10) verbindbar sind.

3. Vorrichtung nach Anspruch 2,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß in der Leitung (13) zwischen der Schaltvorrichtung (S12) und dem Energiespeicher (2) ein DC/DC-Wandler (15) vorgesehen ist.

4. Vorrichtung nach Anspruch 2,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß ein zweiter Elektro-Fahrmotor (3') und eine fünfte Leitung (16) zwischen dem zweiten Elektro-Fahrmotor (3') und der als Umschalter ausgeführten Schaltvorrichtung (S12) derart vorgesehen ist, daß der zweite Elektro-Fahrmotor (3') wahlweise mit dem ersten oder zweiten Stromkreis (5a, 5b) verbindbar ist.

5. Vorrichtung nach Anspruch 1,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß zwischen Brennstoffzelle (1) und Elektro-Fahrmotor (3)  
eine mit einer Schaltvorrichtung (S6) versehene Leitung (7)  
angeordnet ist, daß zwischen dem Energiespeicher (2) und den  
elektrischen Nebenverbrauchern (4) eine mit einer  
Schaltvorrichtung (S9) versehene Leitung (10) angeordnet ist,  
daß zwischen der Schaltvorrichtung (S9) und den elektrischen  
Nebenverbrauchern (4) eine Leitung (8) und eine, mit einem  
DC/DC-Wandler (15) versehene Leitung (13) von der Leitung (10)  
abzweigen, wobei die Leitung (7) über eine Umschaltvorrichtung  
(S11) wahlweise mit der Leitung (8) oder mit der Leitung (13)  
verbindbar ist.

6. Vorrichtung nach Anspruch 1,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß der Energiespeicher (2) eine Batterie ist

7. Vorrichtung nach Anspruch 1,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß der erste Elektro-Fahrmotor (3) als Generator betreibbar  
ist.

8. Vorrichtung nach Anspruch 1,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß der zweite Elektro-Fahrmotor (3') als Generator betreibbar  
ist.

Fig. 1

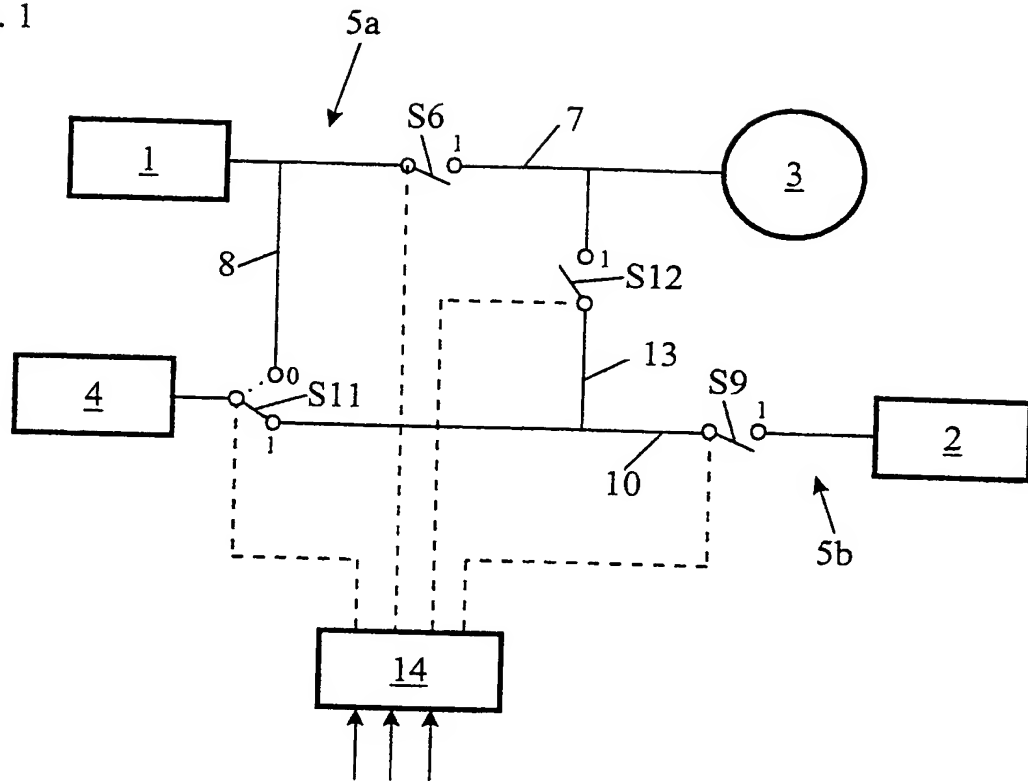
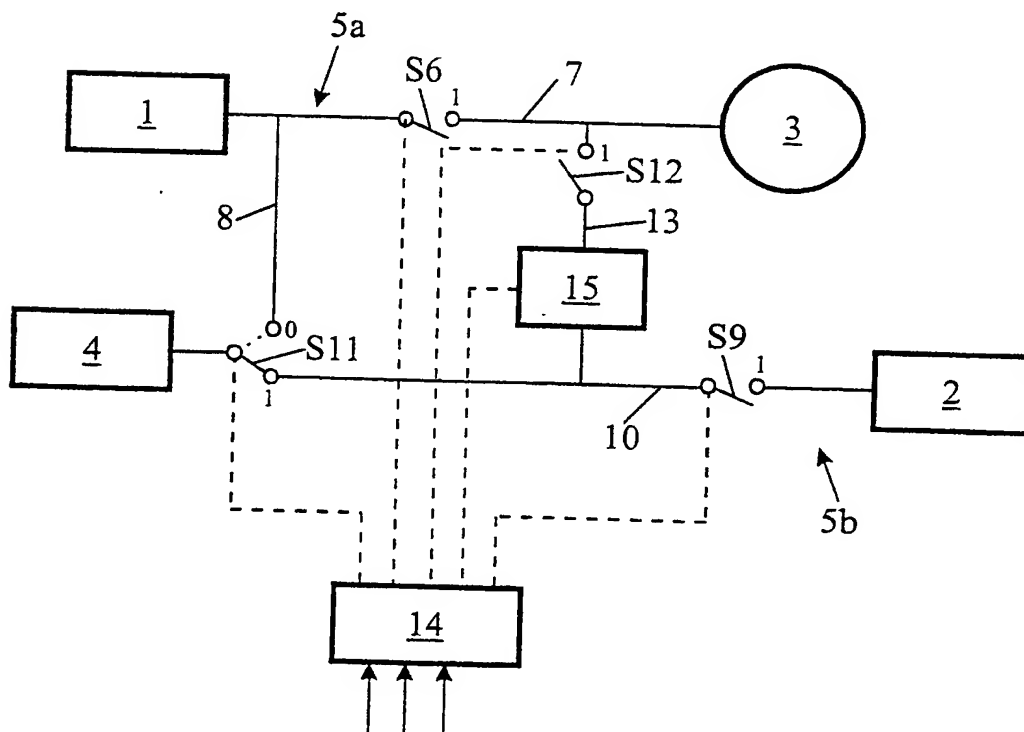


Fig. 2



2/2

Fig. 3

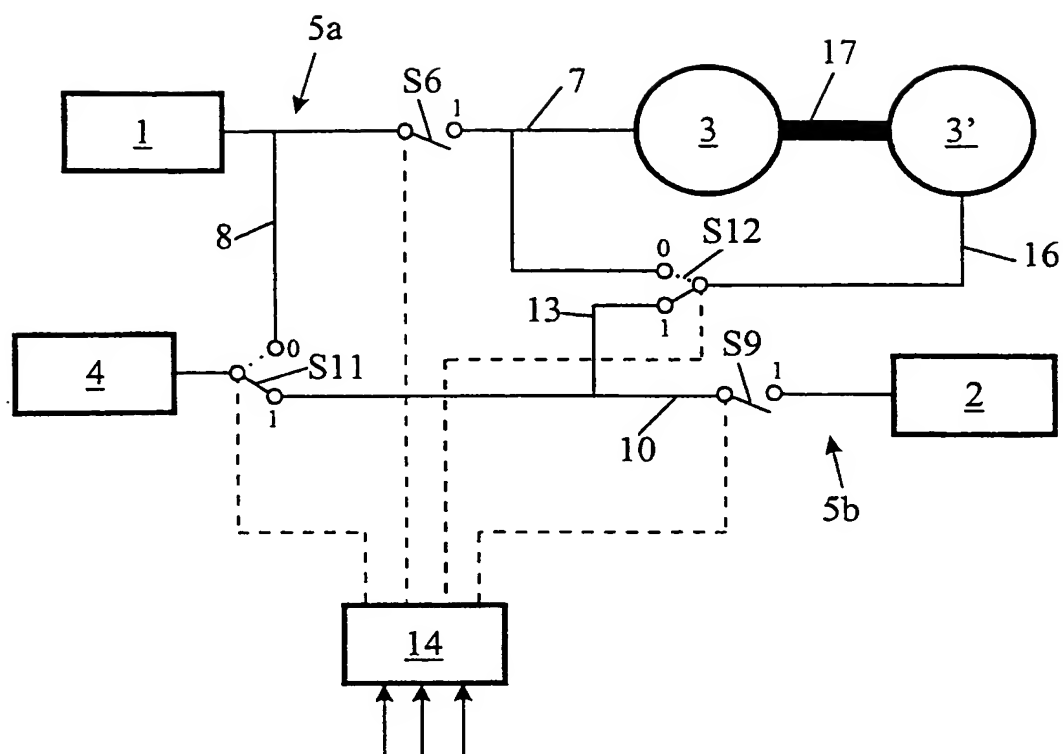
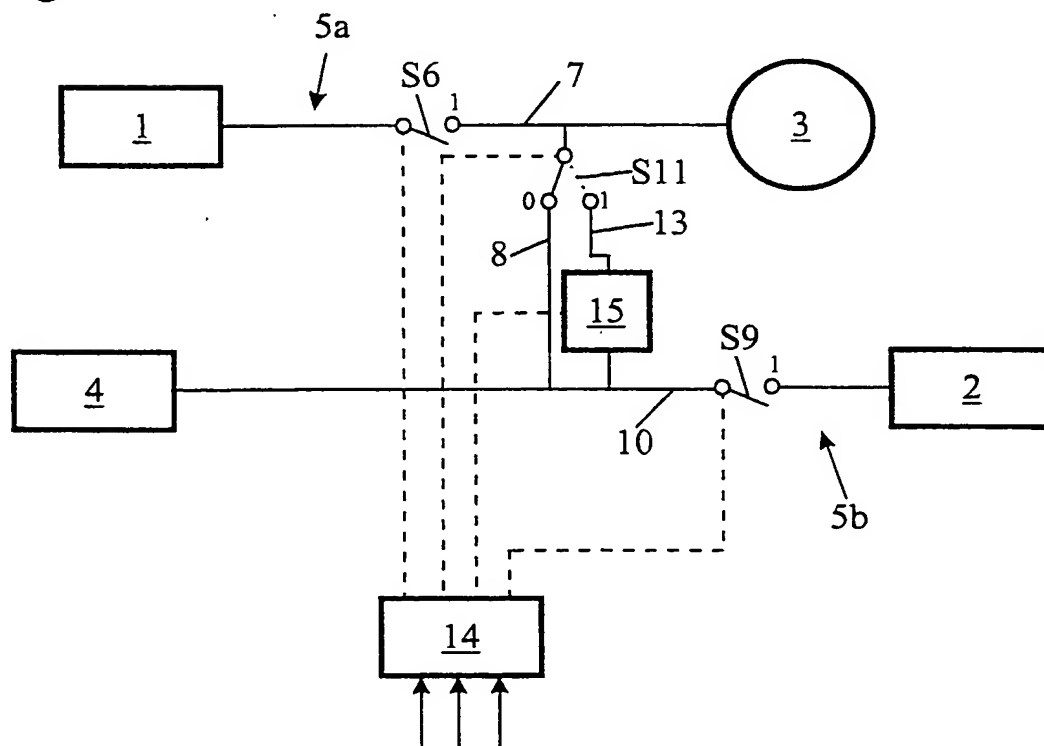


Fig. 4



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Patent Application No

PCT/EP 99/00879

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**  
IPC 6 B60L11/18 H01M8/04

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 6 B60L H01M

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 5 166 584 A (FUKINO MASATO ET AL) 24 November 1992 see abstract; figure 2 ---	1-8
A	US 5 519 312 A (WANG XINGWU ET AL) 21 May 1996 see abstract; figure 2 ---	1,3
A	EP 0 136 187 A (ENGELHARD CORP) 3 April 1985 see abstract; figure 1 ---	1,6
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 098, no. 001, 30 January 1998 & JP 09 231991 A (TOYOTA MOTOR CORP). 5 September 1997 see abstract -----	1,6

☐ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

### \* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

10 June 1999

Date of mailing of the international search report

17/06/1999

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl.  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Beyer, F

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP 99/00879

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 5166584	A	24-11-1992	JP 4067703 A	03-03-1992
US 5519312	A	21-05-1996	NONE	
EP 0136187	A	03-04-1985	CA 1231130 A	05-01-1988
			JP 60109728 A	15-06-1985
			US 4962462 A	09-10-1990
			CA 1231129 A	05-01-1988
			US 4931947 A	05-06-1990
			CA 1238361 A	21-06-1988
			US 4961151 A	02-10-1990

# INTERNATIONALE RESEARCHENBERICHT

In...ales Aktenzeichen

PCT/EP 99/00879

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES  
IPK 6 B60L11/18 H01M8/04

Nach der internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

## B. RESEARCHIERTE GEBIETE

Researchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 6 B60L H01M

Researchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die researchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

## C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	US 5 166 584 A (FUKINO MASATO ET AL) 24. November 1992 siehe Zusammenfassung; Abbildung 2	1-8
A	US 5 519 312 A (WANG XINGWU ET AL) 21. Mai 1996 siehe Zusammenfassung; Abbildung 2	1,3
A	EP 0 136 187 A (ENGELHARD CORP) 3. April 1985 siehe Zusammenfassung; Abbildung 1	1,6
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 098, no. 001, 30. Januar 1998 & JP 09 231991 A (TOYOTA MOTOR CORP), 5. September 1997 siehe Zusammenfassung	1,6

☐ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen:

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Researchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

10. Juni 1999

Absendedatum des internationalen Researchenberichts

17/06/1999

Name und Postanschrift der Internationalen Researchenbehörde  
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Beyer, F



# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Intern: des Aktenzeichen

PCT/EP 99/00879

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
US 5166584	A	24-11-1992	JP	4067703 A	03-03-1992
US 5519312	A	21-05-1996	KEINE		
EP 0136187	A	03-04-1985	CA	1231130 A	05-01-1988
			JP	60109728 A	15-06-1985
			US	4962462 A	09-10-1990
			CA	1231129 A	05-01-1988
			US	4931947 A	05-06-1990
			CA	1238361 A	21-06-1988
			US	4961151 A	02-10-1990

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**